

BIOSORPSI ION LOGAM Cd(II) OLEH KULIT BUAH NAGA (*Hylocereus polyrhizus*)

Anasthasia Maullyana Tanasal, Nursiah La Nafie, Paulina Taba

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin
Kampus Tamalanrea Makassar 90425

Abstrak. Kulit buah naga merupakan material yang melimpah dan murah. Material ini telah digunakan sebagai adsorben dalam proses biosorpsi untuk penghilangan ion logam Cd(II) dari limbah cair. Biosorpsi ion logam Cd(II) oleh kulit buah naga dilakukan pada variasi waktu kontak, pH dan konsentrasi. Konsentrasi ion logam Cd(II) sebelum dan setelah adsorpsi ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimum yang diperoleh adalah 20 menit dan pH optimum adalah 5. Kapasitas adsorpsi ion Cd(II) oleh kulit buah naga ditentukan dengan menggunakan isothermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa biosorpsi ion logam Cd(II) dengan menggunakan kulit buah naga sesuai dengan model isothermal Langmuir dengan nilai kapasitas biosorpsi (Q_0) yakni sebesar 36,50 mg/g. Gugus fungsi yang terlibat dalam biosorpsi ion logam Cd(II) oleh kulit buah naga adalah gugus hidroksil (-OH).

Kata kunci: biosorpsi, Cd(II), isothermal adsorpsi, kulit buah naga, SSA.

Abstract. Dragon fruit peel is a material that is abundant and cheap. The material has been used as an adsorbent in the biosorption process for the removal of metal ions of Cd(II) from wastewater. Biosorption of Cd(II) ion by dragon fruit peel was done on the variation of contact time, pH and concentration. The concentration of metal ions Cd(II) before and after adsorption was determined using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Results showed that the optimum time was 20 minutes and the optimum pH was 5. Adsorption capacity was studied by both isotherm adsorptions of Langmuir and Freundlich. Results showed that the biosorption of Cd(II) ion using dragon fruit peel fulfilled the isotherm Langmuir model with the biosorption capacity (Q_0) of 36,50 mg/g. The functional group involved in metal ion biosorption of Cd(II) by the peel of dragon fruit is a hydroxyl group (-OH).

Keywords: biosorption, Cd(II), adsorption isotherm, dragon fruit peel, AAS.

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan saat ini meningkat dengan cepat, terutama akibat kegiatan industri. Hal ini disebabkan oleh limbah industri yang mengandung logam berat dari berbagai bahan kimia yang sangat berbahaya dan beracun bagi makhluk hidup meskipun dalam konsentrasi yang rendah (Achmad, 2004).

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang mencemari lingkungan perairan akibat dari pembuangan limbah industri dan limbah pertambangan. Kadmium yang digunakan secara luas dalam proses pelapisan logam Cd merupakan logam berat yang berbahaya karena dapat menyebabkan tekanan darah tinggi, kerusakan ginjal, kerusakan jaringan testikuler dan kerusakan sel-sel darah merah (Achmad, 2004). Pencemaran oleh kadmium telah menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem dan kehidupan manusia, seperti kasus keracunan akibat pencemaran air oleh logam Cd yang terjadi di sekitar sungai Jinzu kota Toyama pulau Honsyu Jepang pada tahun 1960. Penderita mengalami pelunakkan seluruh kerangka tubuh yang diikuti kematian akibat gagal ginjal. Penyakit ini dikenal dengan nama *Itai-itai Disease* (Wardhana, 2001).

Usaha untuk menanggulangi pencemaran lingkungan sebelumnya telah banyak dilakukan. Metode pengendapan, oksidasi-reduksi, penukaran ion, filtrasi, penguapan, osmosis balik, dan ekstraksi pelarut merupakan metode yang umum digunakan untuk menghilangkan ion logam dari limbah. Akan tetapi, metode ini memiliki kekurangan seperti pengikatan logam yang tidak sempurna, banyaknya bahan kimia dan juga energy yang dibutuhkan, serta produk endapan dan limbah beracun yang dihasilkan. Masalah pencemaran air

oleh logam berat menghadirkan suatu tantangan dan biosorpsi dapat menjadi solusi dari masalah tersebut (Viera dan Volesky, 2000).

Biosorpsi merupakan salah satu teknik alternatif untuk pengolahan limbah, merupakan pengambilan logam-logam berat oleh materi biologi atau biosorben dari larutannya. Metode ini kompetitif, murah dan juga efektif (Volesky, 2001). Biosorben tersedia melimpah baik secara alami maupun sebagai produk sampingan atau limbah kegiatan industri, memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, dan memungkinkan untuk dapat diperbaharui (Bailey dkk., 1999).

Beberapa hasil sampingan industri maupun hasil kegiatan pertanian berpotensi untuk dijadikan pengadsorpsi yang murah. Serbuk tempurung kelapa hijau (*Cocos nucifera*) berpotensi menghilangkan ion Cd(II) (Widihati dkk., 2010). Serbuk jerami padi dapat menarik ion logam berat seperti Cd(II) dari perairan tercemar (Fatoni dkk., 2010). Serbuk biji kelor dapat digunakan untuk menurunkan kadar kadmium pada air (Umar dan Liong, 2014). Saikaew dan Kaewsarn (2010) menggunakan kulit durian sebagai biosorben ion kadmium. La Nafie dkk. (2012) memanfaatkan serbuk kayu meranti merah sebagai biosorben ion kadmium. Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan dengan menggunakan kulit buah naga sebagai biosorben ion logam Mn(II) (Priyantha dkk., 2013), Pb(II) dan Ni(II) (Mallampati, 2013).

Salah satu limbah pertanian yang masih kurang pemanfaatannya adalah kulit buah naga. Kulit buah naga merupakan salah satu sumber bahan organik dan hasil analisis menunjukkan bahwa bahan tersebut mengandung lignin, hemiselulosa, selulosa, karbohidrat, protein dan senyawa fenolik lainnya yang didalamnya

terdapat nitrogen, karbon, hidrogen, dan sulfur. Semua ini mengandung hidroksil dan karboksil yang dapat mengikat polutan dalam hal ini adalah ion logam (Mallampati, 2013).

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan serbuk kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) yang diketahui mengandung selulosa, pektin dan lignin dalam mengadsorpsi logam berat khususnya logam berat kadmium (Cd) dan kondisi optimum adsorpsi ion logam kadmium (Cd).

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*), $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ EMSURE (MERCK), HNO_3 (p.a) 65 %, akuades, kertas saring Whatman 42, alumunium foil, kertas pH universal, kertas label dan kertas saring biasa.

Alat Penelitian

Alat yang dipergunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas yang umumnya digunakan, oven model SPNISOSFD, *magnetic stirrer* model *vep scientifica*, neraca digital Ohaus model NO AP210, ayakan (100 mesh dan 230 mesh), *cusher*, spektrofotometer serapan atom (SSA) *buck scientific* model 205 VGP, desikator, *sentrifuge* model *angular 6 selecta*, ultrasonik dan spektrofotometer FT-IR model SHIMADZU 8201 PC, pH meter model WTW 315i.

Prosedur

Persiapan Biosorben Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Kulit buah naga dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan

kotoran, dibilas dengan akuades, dan ditiriskan. Kulit buah naga lalu dipotong kecil-kecil, dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 7 hari. Setelah itu kulit buah naga dipanaskan pada suhu 80 °C selama 24 jam dan disimpan dalam desikator. Setelah itu, kulit buah naga dihancurkan dengan menggunakan *crusher*, dan diayak dengan ukuran lolos saringan 100 mesh tetapi tidak lolos saringan 230 mesh. Serbuk kulit buah naga kemudian dipanaskan pada suhu 80 °C dan disimpan dalam desikator.

Pembuatan Larutan Baku Cd(II)

Serbuk $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ditimbang sebanyak 2,7424 gram, kemudian dilarutkan dengan HNO_3 pekat dan diencerkan dengan akuades hingga volume larutan 1 L. Selanjutnya larutan baku Cd(II) dengan konsentrasi 1000 mg/L dipipet 100 mL dan diencerkan hingga volume larutan 1 L untuk membuat larutan baku Cd(II) 100 mg/L.

Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Cd(II) oleh Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Larutan Cd(II) dengan konsentrasi 100 mg/L disiapkan. Serbuk kulit buah naga ditimbang sebanyak 200 mg dan dimasukkan ke dalam 50 mL larutan Cd(II). Campuran dikocok dengan *magnetic stirrer* selama 5 menit, disentrifuge dan disaring dengan kertas saring Whatman 42. Absorbansi filtrat diukur dengan SSA pada panjang gelombang maksimum 228,8 nm. Percobaan kemudian diulangi dengan waktu 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80 dan 90 menit. Setiap percobaan dilakukan 2 kali pengulangan. Percobaan blanko dilakukan seperti di atas tetapi tanpa pengocokan dengan *magnetic stirrer*.

Penentuan pH Optimum Biosorpsi Ion Cd(II) oleh Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Sebanyak 200 mg serbuk kulit buah naga dimasukkan ke dalam 50 mL larutan ion logam Cd(II) dengan konsentrasi 100 mg/L dan pH 2. Campuran kemudian dikocok selama waktu optimum 20 menit, disentrifugasi dan disaring dengan kertas Whatman 42. Absorbansi filtrat diukur dengan SSA. Percobaan di atas diulangi dengan variasi pH 3, 4, 5, 6 dan 7. Setiap percobaan dilakukan 2 kali pengulangan. Percobaan blanko dilakukan seperti di atas tetapi tanpa pengocokan dengan *magnetic stirrer*. pH optimum adalah pH dimana konsentrasi teradsorpsi (C_{adsorpsi}) terbesar.

Penentuan Kapasitas Biosorpsi Ion Cd(II) oleh Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Serbuk kulit buah naga ditimbang sebanyak 200 mg dan dimasukkan ke dalam 50 mL larutan Cd(II) dengan konsentrasi 50; 100; 150; 250; dan 400 mg/L. Campuran dikocok selama waktu optimum 20 menit pada pH optimum 5 dan kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 42. Absorbansi tiap-tiap filtrat diukur dengan SSA. Setiap percobaan dilakukan 2 kali pengulangan. Percobaan blanko dilakukan seperti di atas tetapi tanpa pengocokan dengan *magnetic stirrer*.

Analisis FT-IR

Analisis spektrum FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) dilakukan untuk kulit buah naga sebelum dan setelah adsorpsi pada spektrofotometer FT-IR model SHIMADZU 8201 PC. Spektra direkam, pada daerah bilangan gelombang 4000-340 cm^{-1} dengan resolusi 1 cm^{-1} pada suhu ruangan

dengan detektor DTGS (*Deuterated Triglycine Sulphate*). Sampel digerus bersama KBr dengan perbandingan massa sampel berbanding KBr sebesar 1:10. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam tempat khusus yang berbentuk bulat dan kemudian ditekan selama 10 menit pada tekanan 72 Torr (8 hingga 20 ton per satuan luas) untuk menghasilkan bulatan yang sangat tipis. Pengamatan pada spektra IR dilakukan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi yang terjadi sebelum dan sesudah proses adsorpsi ion Cd(II) oleh biomassa kulit buah naga.

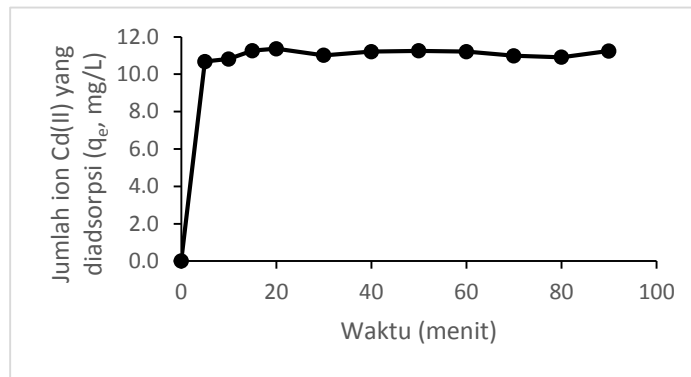
HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu Optimum Biosorpsi Ion Cd(II) oleh Serbuk Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Data jumlah ion logam Cd(II) yang teradsorpsi oleh kulit buah naga pada berbagai waktu kontak ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa adsorpsi ion Cd(II) oleh kulit buah naga meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengadukan. Akan tetapi pada batas tertentu penambahan waktu pengadukan tidak mempengaruhi secara signifikan jumlah ion Cd(II) yang diserap oleh serbuk kulit buah naga.

Adsorpsi ion Cd(II) mengalami peningkatan dari waktu pengadukan 5 menit hingga 20 menit. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan jumlah ion Cd(II) yang teradsorpsi pada menit ke-5 sebanyak 10,68 mg/g menjadi 11,36 mg/g pada menit ke-20. Tetapi, setelah menit ke-20 jumlah ion Cd(II) yang terserap mengalami penurunan yang relatif kecil. Jumlah penurunan yang relatif kecil menunjukkan bahwa sisi aktif pada permukaan adsorben kulit buah naga telah jenuh dengan ion Cd(II).



Gambar 1. Hubungan antara waktu kontak (menit) dengan jumlah ion Cd(II) yang diadsorpsi (mg/g) oleh serbuk kulit buah naga (pH 5, konsentrasi awal ion Cd(II) = 100 ppm).

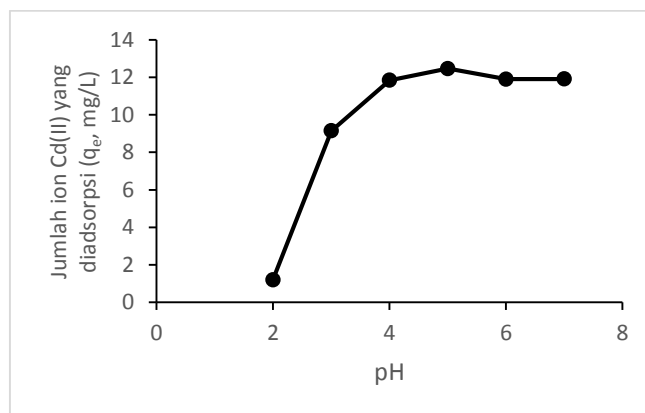
Menurut Saikaew dan Kaewsarn (2010) penghilangan ion logam Cd(II) dari limbah cair dengan menggunakan serbuk kulit durian membutuhkan waktu adsorpsi 15 menit. Nailufar (2010) melaporkan bahwa waktu kontak optimum untuk adsorpsi ion Cd(II) dengan menggunakan ampas tahu adalah 20 menit. Hal serupa juga dilaporkan oleh Pabiban (2009) dimana waktu kontak optimum untuk penyerapan ion Cd(II) dengan menggunakan ampas Sagu adalah 20 menit. Berdasarkan data hasil penelitian ini, waktu optimum adsorpsi ion Cd(II) oleh kulit buah naga adalah 20 menit. Waktu inilah yang selanjutnya digunakan dalam

menentukan pH optimum dan kapasitas maksimum adsorpsi ion Cd(II) oleh kulit buah naga.

pH Optimum Biosorpsi Ion Cd(II) oleh Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Salah satu faktor yang paling penting dalam adsorpsi selain waktu adalah pH. pH optimum biosorpsi ion Cd(II) oleh kulit buah naga ditentukan dengan menghitung jumlah ion Cd(II) yang teradsorpsi (q_e) sebagai fungsi pH. Untuk menentukan pH optimum pada penelitian ini digunakan pH 2-7.

Pengaruh perubahan pH larutan dalam biosorpsi ion Cd(II) oleh serbuk kulit buah naga dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara pH dengan jumlah ion Cd(II) yang diadsorpsi (mg/g) oleh serbuk kulit buah naga (waktu optimum 20 menit, konsentrasi ion Cd(II) = 100 ppm).

Semakin tinggi pH maka semakin tinggi pula jumlah ion Cd(II) yang terserap oleh serbuk kulit buah naga. Tetapi setelah melewati pH optimum, jumlah ion Cd(II) yang terserap oleh serbuk kulit buah naga mulai menurun.

Pada pH rendah (2), jumlah ion Cd(II) yang diserap sangat kecil yaitu 1,18 mg/g. Hal ini disebabkan karena pada pH rendah ion H^+ berkompetisi dengan kation logam Cd^{2+} untuk berikatan dengan gugus aktif pada adsorben (Ahmad, dkk., 2009). Pada pH 3-5 terjadi peningkatan jumlah ion Cd(II) yang diserap oleh serbuk kulit buah naga, dimana penyerapan ion Cd(II) oleh serbuk kulit buah naga terbesar terjadi pada pH 5 yaitu sebesar 12,47 mg/g. Kemudian pada pH 6 jumlah ion Cd(II) yang terserap mengalami penurunan. Penurunan jumlah ion logam yang diserap pada proses adsorpsi pada pH tinggi terjadi sebelum mencapai pH dimana ion logam tersebut mengendap disebabkan oleh terbentuknya kompleks hidroksil terlarut dari ion logam sehingga ion logam tidak bisa berikatan dengan gugus aktif pada adsorben (Ahmad, dkk., 2009). Ion Cd(II) mengendap pada pH 8,5-9 (Hawari dan Mulligan, 2006).

Berdasarkan Gambar 2, maka pH optimum adsorpsi ion Cd(II) oleh serbuk kulit buah naga berada pada pH 5. Hal ini juga didukung dengan penelitian sebelumnya yang mendapatkan hasil yang sama dengan menggunakan kulit durian (*Durio zibethinus*) (Saikaew dan Kaewsarn, 2010), Jerami Padi (Fatoni, dkk., 2010), Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea Pamifotia* Dyer) (La Nafie, dkk., 2012), dan Ampas Sagu (Pabiban, 2009)

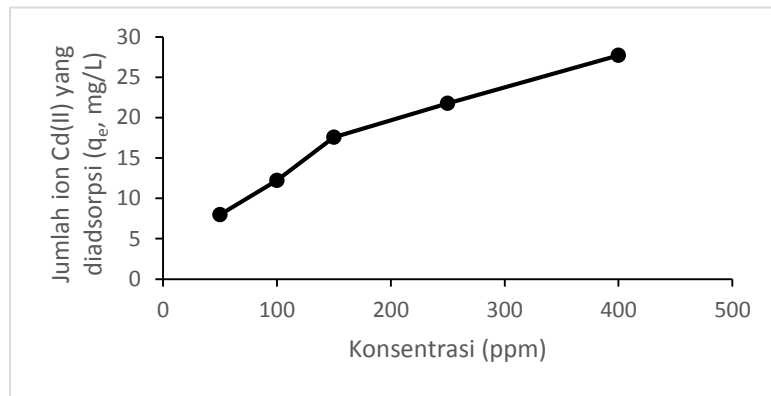
sebagai adsorben untuk adsorpsi ion logam Cd(II).

Penambahan asam pada proses biosorpsi ini memungkinkan terjadinya hidrolisis pada selulosa dan lignin sehingga dapat memecah molekul yang membuat tersedianya banyak gugus -OH yang dapat berikatan dengan ion logam Cd(II). Hal inilah yang mungkin menyebabkan proses biosorpsi optimum terjadi pada pH yang agak asam yaitu pada pH 5 (La Nafie, dkk., 2012).

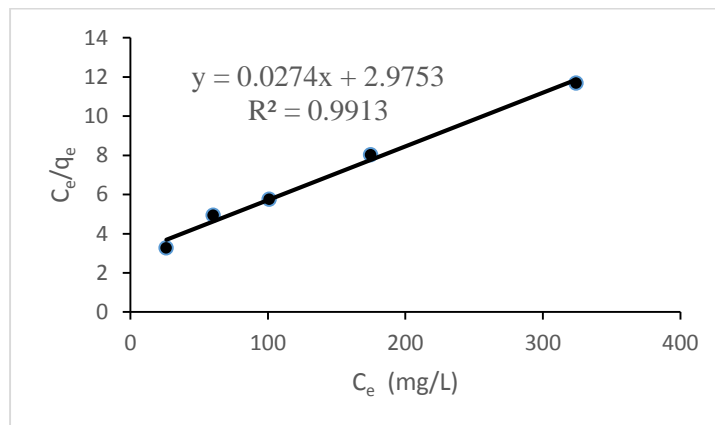
Kapasitas Adsorpsi Ion Cd(II) oleh Serbuk Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*).

Konsentrasi larutan juga berpengaruh terhadap adsorpsi. Semakin tinggi konsentrasi suatu zat terlarut, maka semakin banyak pula zat terlarut yang dapat diadsorpsi oleh suatu adsorben. Hal ini dapat dilihat dari jumlah ion Cd(II) yang diadsorpsi oleh serbuk kulit buah naga sebagai fungsi dari konsentrasi ion Cd(II) pada Gambar 3.

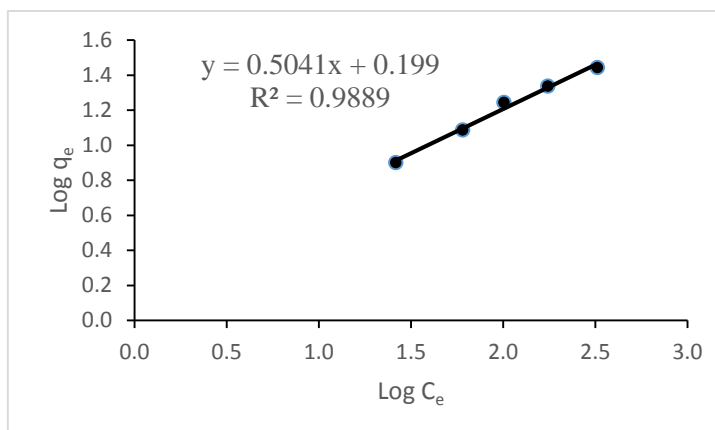
Semakin besar konsentrasi ion Cd(II) dalam larutan, maka semakin besar pula jumlah ion Cd(II) diserap oleh serbuk kulit buah naga. Gambar 3 menunjukkan bahwa belum tercapainya kejenuhan adsorben, sehingga dua model isothermal adsorpsi (isothermal Langmuir dan Freundlich) digunakan. Grafik yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi ion Cd(II) setelah adsorpsi (C_e) vs kapasitas adsorpsi (C_e/q_e) dibuat menurut model adsorpsi Langmuir seperti pada Gambar 4 dan antara konsentrasi ion Cd(II) setelah adsorpsi ($\log C_e$) vs kapasitas adsorpsi ($\log q_e$) dibuat menurut model adsorpsi Freundlich seperti pada Gambar 5.



Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi ion Cd(II) (mg/L) dengan jumlah ion Cd(II) yang diadsorpsi (mg/g) oleh serbuk kulit buah naga pada waktu optimum 20 menit dan pada pH optimum 5.



Gambar 4. Kurva isothermal Langmuir untuk adsorpsi ion Cd(II) oleh serbuk kulit buah naga



Gambar 5. Kurva isothermal Freundlich untuk adsorpsi ion Cd(II) oleh serbuk kulit buah naga

Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa adsorpsi yang lebih sesuai dengan adsorpsi ion Cd(II) oleh serbuk kulit buah naga adalah isothermal Langmuir dibandingkan dengan model

isothermal Freundlich. Hal ini bisa dilihat dari nilai R^2 persamaan isothermal Langmuir yaitu 0,9913 sedangkan untuk persamaan isothermal Freundlich adalah 0,9889. Berdasarkan isothermal Langmuir nilai Q_0 (kapasitas

adsorpsi) diperoleh sebesar 36,50 mg/g atau 0,32 mmol/g. Menurut Priyantha dkk. (2013) isothermal yang lebih sesuai dengan kulit buah naga adalah isothermal Langmuir, dimana adsorben dan adsorbat membentuk lapis tunggal (*monolayer*).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilaporkan oleh Nailufar (2010) pada adsorpsi ion Cd(II) dengan menggunakan ampas tahu, kapasitas adsorpsi Q_0 adalah sebesar 17,06 mg/g dan Pabiban (2009) melaporkan adsorpsi ion Cd(II) dengan menggunakan ampas sagu dengan nilai $Q_0 = 11,79$ mg/g. Sedangkan pada adsorpsi ion Cd(II) oleh kulit durian didapatkan nilai $Q_0 = 18,55$ mg/g (Saikaew dan Kaewsarn, 2010). Hal ini menunjukkan bahwa kulit buah naga lebih efektif dalam mengadsorpsi ion Cd(II) dibandingkan ampas tahu, ampas sagu, dan kulit durian.

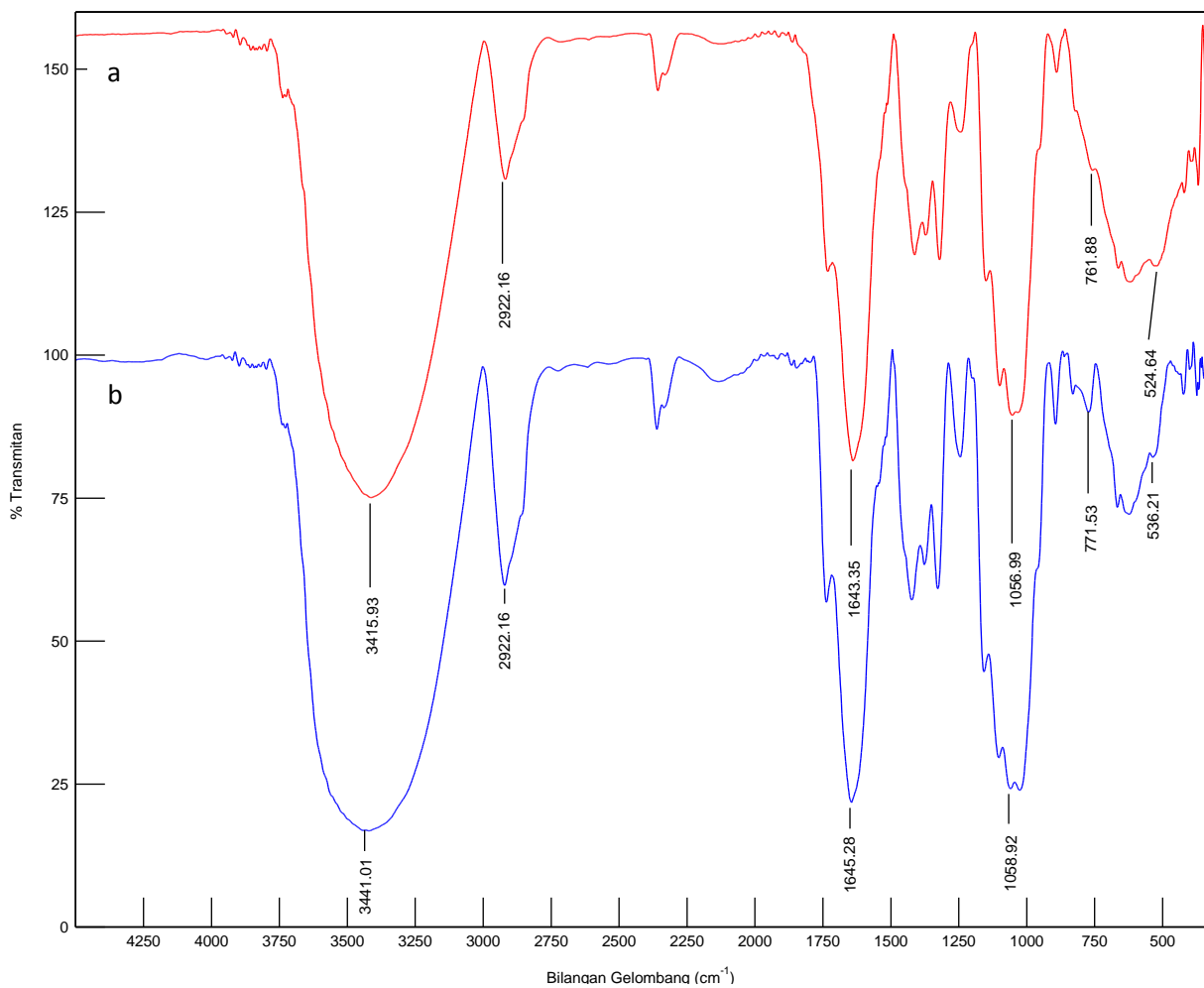
Hasil Analisis FT-IR

Biosorben kulit buah naga dianalisis dengan FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi yang mengikat ion Cd(II). Analisis FT-IR ini dilakukan dengan melihat adanya perubahan dari spektrum IR sebelum dan sesudah biosorpsi ion Cd(II) oleh kulit buah naga yang ditunjukkan pada Gambar 6.

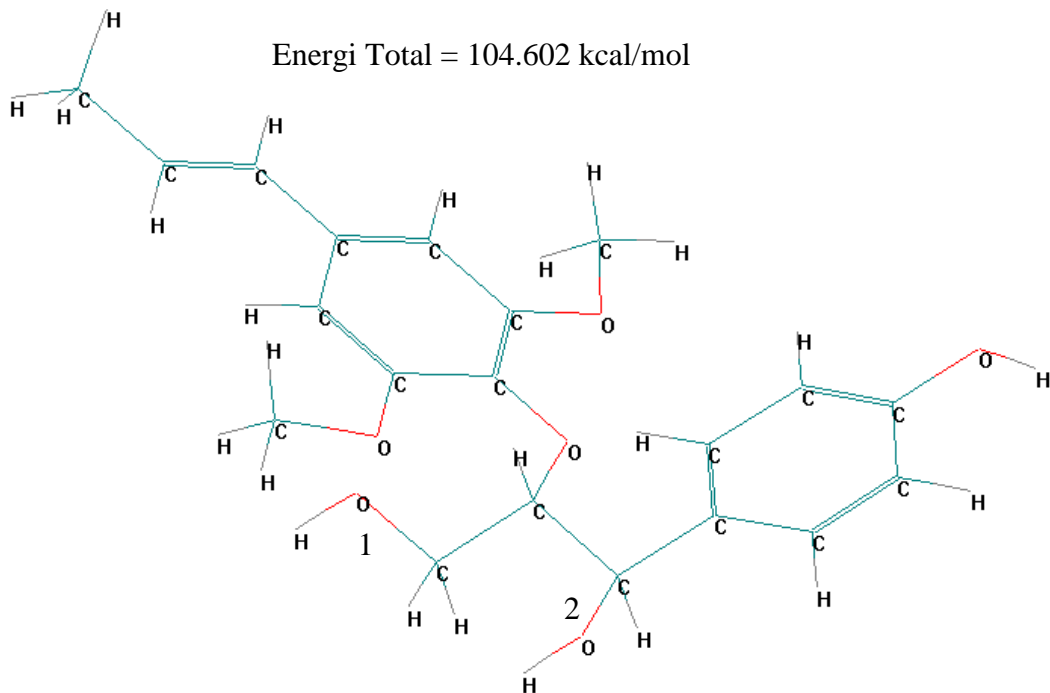
Gambar 6a memperlihatkan adanya puncak pada bilangan gelombang $1056,99\text{ cm}^{-1}$ (ulur C-O), $1643,35\text{ cm}^{-1}$ (ulur C=O), $2922,16\text{ cm}^{-1}$ (ulur C-H alifatik), dan $3415,93\text{ cm}^{-1}$ (ulur -OH). Puncak-puncak yang sama juga terlihat pada gambar 6b, kecuali puncak pada $3415,93\text{ cm}^{-1}$ (ulur -OH) mengalami pergeseran menjadi $3441,01\text{ cm}^{-1}$. Pergeseran ini menunjukkan adanya interaksi antara ion Cd(II) dengan gugus fungsi hidroksil (-OH) yang terdapat pada kulit buah naga. Hal ini diperkuat

dengan pergeseran yang terjadi pada bilangan gelombang $761,88\text{ cm}^{-1}$ dan $524,64\text{ cm}^{-1}$ masing-masing menjadi $771,53\text{ cm}^{-1}$ dan $536,21\text{ cm}^{-1}$. Serapan yang ditemukan antara 500 dan 700 cm^{-1} adalah serapan yang berasal dari ikatan antara ion logam M dan O yang tergantikan dengan Cd(II) membentuk ikatan Cd-O (Jethva, 2015). Gugus-gugus fungsi tersebut merupakan gugus fungsi yang terlibat dalam biosorpsi ion Cd(II) oleh kulit buah naga. Untuk membentuk kompleks, orbital kosong pada $5s^2$ mengalami hibridisasi menyediakan 4 orbital yaitu 5s dan 5p, yang kemudian diisi oleh 4 pasang elektron yang berasal dari gugus hidroksil (-OH) sebagai ligan. Ikatan yang terbentuk adalah ikatan kovalen koordinasi karena dari spektrum FTIR puncak (-OH) tidak hilang tetapi hanya bergeser saja, sehingga dapat disimpulkan bahwa ikatan yang terbentuk antara gugus (-OH) dan ion Cd(II) adalah ikatan kovalen koordinasi. Kemudian pergeseran bilangan gelombang menjadi lebih besar, menunjukkan makin kuat ikatan yang terjadi.

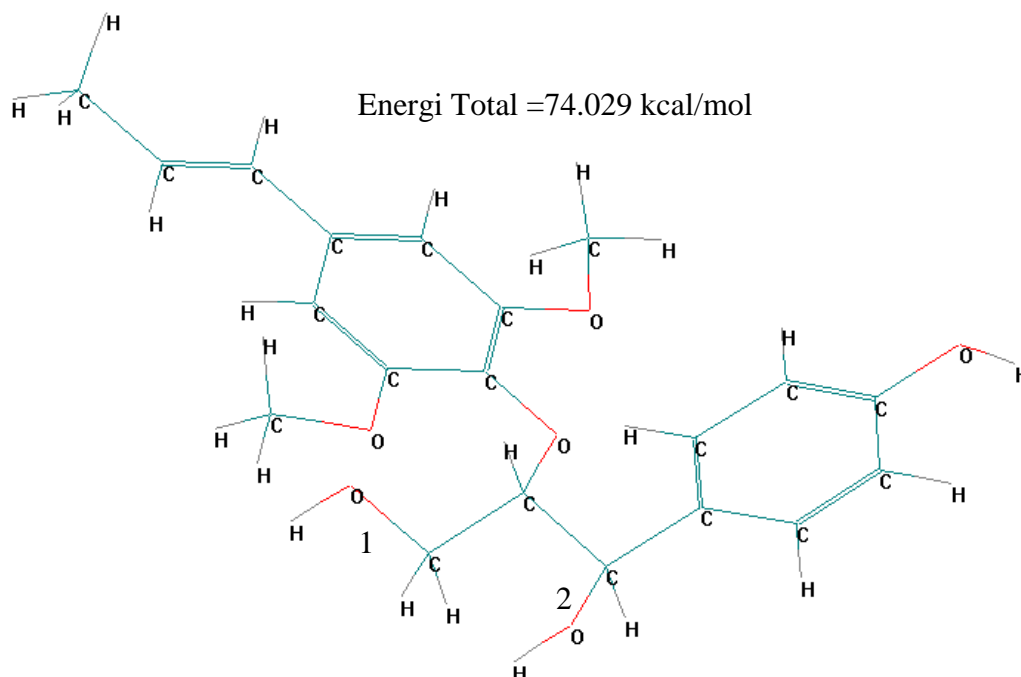
Melihat hasil FT-IR pada Gambar 6, maka diperkirakan ada ikatan antara gugus fungsi hidroksil (-OH) yang berasal dari lignin maupun selulosa dengan ion Cd(II) karena adanya gugus hidroksil (-OH) pada selulosa dan lignin yang tidak terhalangi oleh efek sterik sementara pada pektin gugus hidroksilnya terhalangi oleh adanya efek sterik dan juga gugus (-OH) pada pektin yang berasal dari gugus (-COOH), oksigen pada gugus (-OH) dan pada gugus (-CO) memiliki kemampuan yang sama besar untuk menarik elektron karena adanya efek konjugasi sehingga kemungkinan yang bergeser adalah gugus (-CO).



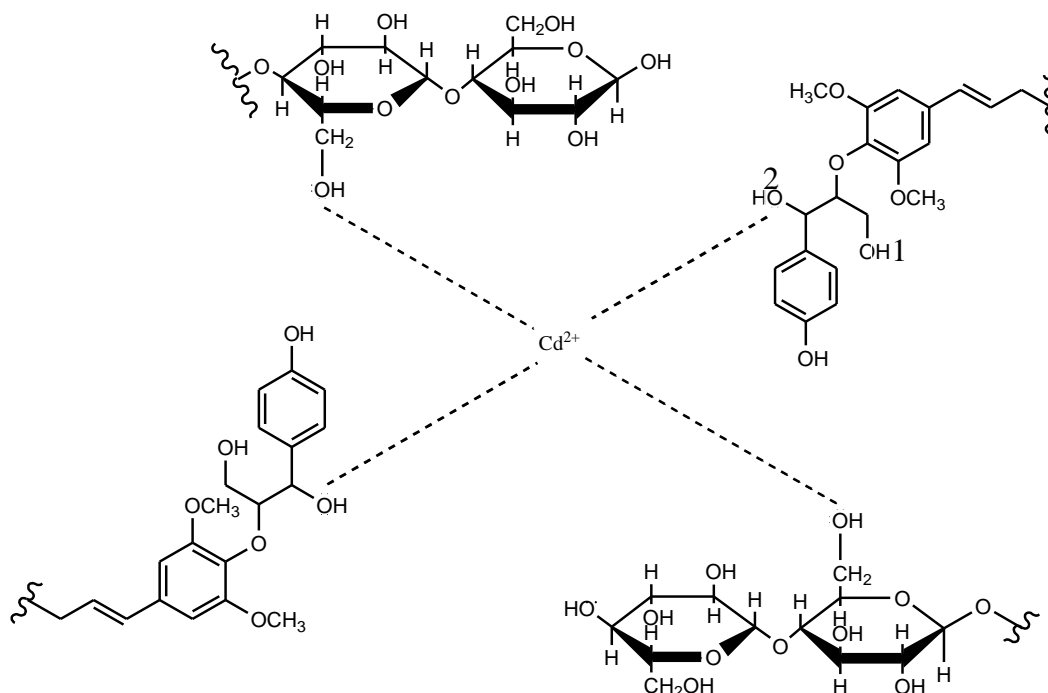
Gambar 6. Spektrum Hasil Analisa FT-IR Biosorben Kulit Buah Naga (a) Sebelum Kontak dengan Logam Cd(II) dan (b) Setelah Kontak dengan Ion Cd(II).



Gambar 7. Gugus Hidroksil (–OH) yang terhalangi oleh efek sterik



Gambar 8 . Gugus Hidroksil (-OH) yang tidak terhalangi oleh efek sterik



Gambar 9. Bentuk Ikatan yang Terjadi antara Ion Cd(II) dengan Selulosa dan Lignin

Gambar 7 dan 8 menunjukkan perbedaan energi ikatan pada gugus hidroksil (-OH)₁ yang terhalangi oleh efek sterik dan (-OH)₂ yang tidak terhalangi efek sterik dalam struktur lignin. Perbedaan energi ikatan ini

menunjukkan bahwa gugus yang cenderung untuk berikatan dengan ion Cd(II) adalah gugus (-OH)₂ yang tidak terhalangi oleh efek sterik. Gugus (-OH)₂ yang energi ikatannya lebih kecil cenderung lebih stabil dan dari

strukturnya gugus $(-\text{OH})_2$ ini lebih bebas dibandingkan dengan gugus $(-\text{OH})_1$ yang terhalangi oleh efek sterik. Bentuk ikatan yang diusulkan diberikan pada Gambar 9.

KESIMPULAN

Waktu kontak dan pH optimum biosorpsi ion Cd(II) oleh serbuk kulit buah naga adalah 20 menit dan pH 5. Biosorpsi kulit buah naga terhadap ion Cd(II) lebih sesuai dengan isothermal Langmuir dengan Q_0 (kapasitas adsorpsi) sebesar 36,50 mg/g atau 0,32 mmol/g. Gugus fungsi yang terlibat dalam biosorpsi ion Cd(II) oleh kulit buah naga adalah gugus hidroksil $(-\text{OH})$.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R., 2004, *Kimia Lingkungan*, ANDI Yogyakarta, Yogyakarta.
- Ahmad, A., Rafatullal, M., Sulaiman, O., Ibrahim, M.H., Chii, Y.Y., and Siddique, B.M., 2009, Removal of Cu(II) and Pb(II) ions from aqueous solutions by adsorption on sawdust of Meranti wood, *Desalination*, **250**: 300-310.
- Bailey, S.E., Olin, T.J., Bricka, R.M., and Adrian, D.D., 1999, A Review of Potentially Low-Cost Sorbents for Heavy Metals, *Water Res.*, **33**(11): 2469-2479.
- Fatoni, A., Hindryawati, N., dan Sari, N., 2010, Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Ion Logam Kadmium(II) oleh Adsorben Jerami Padi, *J. Kimia Mulawarman*, **7**(5):59-61.
- Hawari, A.H., and Mulligan, C.N., 2006, Biosorption of Lead(II), Cadmium(II), Copper(II), and Nickel(II) by Anaerobic Granular Biomass, *Bioresour. Technol.* **97**: 692-700.
- Jethva, H.O., 2015, FTIR Spectroscopic and XRD Analysis of Gel-Grown, Cadmium Levo-Tartrate Crystals, *IJAR*, **1**(4): 1-3.
- La Nafie, N., Zakir, M., Dan Karoma, M.J., 2012, Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea parvifolia*) Sebagai Biosorben Ion Logam Cd(II), *Indo. Chim. Acta*, **5**(2): 32-40.
- Mallampati, R., 2013, *Biomimetic Synthesis Of Hybrid Materials For Potential Applications*, A Thesis unpublished, Department Of Chemistry National University Of Singapore, Singapore.
- Nailufar, A.A., 2010, *Biosorpsi Ion Cd(II) oleh Ampas Tahu*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
- Pabiban, D., 2009, *Biosorpsi Ion Cd(II) oleh Ampas Sagu*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
- Priyantha, N., Lim, L.B.L., Dahri, M.K., and Tennakoon, D.T.B., 2013, Dragon Fruit Skin As a Potential Low-Cost Biosorbent For The Removal of Manganese(II) Ions, *JASES*, **8**(3): 179-188.
- Saikaew, M., and Kaewsarn, P., 2010, Durian Peels As Biosorbent For Removal Of Cadmium Ions From Aqueous Solution, *J. Environ. Res.*, **32**(1): 17-30.
- Umar, M. R., Dan Liong, S., 2014, Efektifitas Serbuk Biji Kelor *Moringa Oleifera* Lamk. Dalam Menurunkan Kadar Kadmium

- (Cd) Pada Air, *J. Alam dan Lingkungan*, **5**(8): 37-42.
- Viera, R.H.S.F., and Volesky, B., 2000, Biosorption; a solution to pollution, *Int. Microbiol*, **3**: 17-24.
- Volesky, B., 2001, Detoxification of metal-bearing effluents. Biosorption for the next centry, *Hydrometallurgy*, **59**(2): 203–216.
- Widihati, I.A.G., Ratnayani, O., Angelina, Y., 2010, Karakterisasi Keasaman dan Luas Permukaan Tempurung Kelapa Hijau (*Cocos Nucifera*) dan Pemanfaatannya Sebagai Biosorben Ion Cd^{2+} , *J. Kimia*, **4**(1): 7-14.